

1/1 PLUSPAT - (C) QUESTEL-ORBIT- image

PN - JP6059294 A 19940304 [JP06059294]

TI - (A) WAVEGUIDE TYPE OPTICAL SWITCH

PA - (A) NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE

PA0 - (A) NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

IN - (A) KONO KENJI; WATABE NAOYA

AP - JP21527792 19920812 [\*\*\*1992JP-0215277\*\*\*]

PR - JP21527792 19920812 [1992JP-0215277]

STG - (A) Doc. Laid open to publ. Inspec.

AB - PURPOSE: To provide the waveguide type optical switch which is low in crosstalk, is good in production characteristic in terms of the crosstalk and is excellent in yield.

- CONSTITUTION: A light absorption part IV is disposed between an optical switching part II and a light output part III. This optical switching part II and light output part III are respectively separated by an electrical sepn. groove 9. The light absorption part IV is constituted by providing an output port C side with a p(sup +)-InGaAs cap layer 2 on a p-InP clad layer 3. Electrodes 10 are formed on this cap layer 2. Electrodes 11 are similarly formed on the p(sup +)-InGaAs cap layer 2 on the p-InP clad layer 3 on an output port D side.
- COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-59294

(43)公開日 平成6年(1994)3月4日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>G 0 2 F 1/313  
1/025

識別記号

庁内整理番号

8106-2K

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平4-215277

(22)出願日 平成4年(1992)8月12日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 河野 健治

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 渡部 直也

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

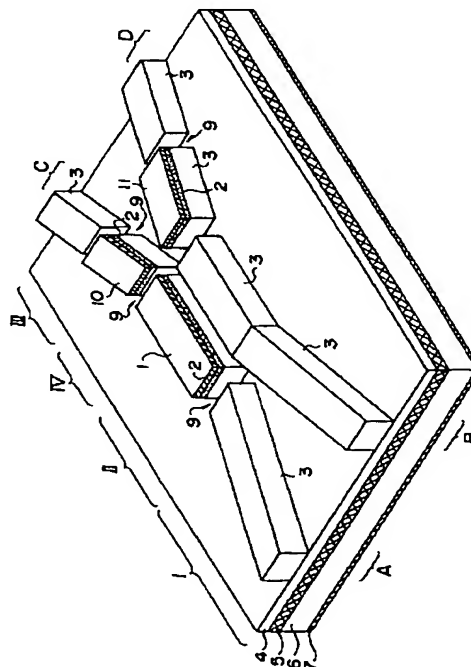
(74)代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54)【発明の名称】 導波路形光スイッチ

(57)【要約】

【目的】 本発明の目的は、クロストークが低くクロストークの点で製作性がよく歩留まりの優れた導波路形光スイッチを提供することにある。

【構成】 光吸収部IVは光スイッチ部IIと光出力部IIIとの間に配設されており、光スイッチ部IIおよび光出力部IIIとはそれぞれ電気的分離溝9によって分離されている。この光吸収部IVの構成を説明すると、出力ポートC側ではp-InPクラッド層3の上にp<sup>+</sup>-InGaAsキャップ層2が設けられ、このキャップ層2の上に電極10が形成されている。また、出力ポートD側では、同様にp-InPクラッド層3上のp<sup>+</sup>-InGaAsキャップ層2の上に電極11が形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 2 本以上の光導波路を具備し、前記 2 本の光導波路を伝搬する導波光の位相を調節するとともに前記 2 本の光導波路を伝搬する前記導波光を結合させる機能、もしくは前記導波光を反射させる機能の少なくとも一方の機能により前記導波光の光路を切り替える光スイッチ部を具備する導波路形光スイッチにおいて、前記光路切り替えの際に生じたクロストーク光を吸収する吸収部を設けたことを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 2】 少なくとも 2 本の光導波路と、前記少なくとも 2 本の光導波路を伝搬する導波光の光路を切り替える光スイッチ部を具備する導波路形光スイッチにおいて、前記少なくとも 2 本の光導波路に、前記光路切り替えの際に生じるクロストーク光を吸収する光吸収部を設けたことを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 のいずれかに記載の導波路形光スイッチにおいて、前記光吸収部は、前記光スイッチ部への入力用光導波路もしくは前記光スイッチ部からの出力用光導波路の少なくとも一方の少なくとも一部に設けられていることを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 4】 請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の導波路形光スイッチにおいて、前記光吸収部は、該光吸収部に電界が印加されることにより該光吸収部を形成する材料のエネルギーバンドギャップが変化し、前記クロストーク光を吸収するものであることを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 5】 少なくとも 2 本の光導波路と、該少なくとも 2 本の光導波路を伝搬する導波光の光路を切り替える光スイッチ部を具備する光スイッチユニットを同一基板上に複数個マトリックス状に配設し、かつ前記各光スイッチユニットを複数本の光導波路により連絡した導波路形光スイッチにおいて、前記各連絡用光導波路に、前記光路切り替えの際に生じるクロストーク光を吸収する光吸収部を設けたことを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 6】 請求項 5 記載の導波路形光スイッチにおいて、前記光スイッチユニットはノンブロック構成で集積化されていることを特徴とする導波路形光スイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、クロストーク特性の優れた製作性のよい導波路形光スイッチに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 光変調や半導体導波路形光スイッチに適用する光デバイスとして、多重量子井戸 (Multiple Quantum Well: 以下、MQW と略す) 半導体材料を用いたものがある。これらの材料は大

きな量子井戸閉じ込め効果 (Quantum Confined Stark Effect: 以下、QCSE と略す) に起因する電気光学効果を有しているので、高効率で小形の光変調器や導波路形光スイッチ等種々の光デバイスを実現できるなどの特徴があり、これらの光デバイスの研究が進められている。

【0003】 図 8 は、MQW を用いた従来の方向性結合器形光スイッチの斜視図であり、図 9 は図 8 の AA' 線断面図である。図中、1 は p 側電極、2 は p<sup>+</sup>-InGaAs キャップ層、3 は p-InP クラッド層、4 は i-InP クラッド層、5 は i-MQW 層、6 は n-InP 基板、7 は n 側電極、9 は電気的分離溝である。ここで、MQW 層 5 は、InGaAlAs ウェル 9 nm、InAlAs バリア 5 nm でヘビーホールエキシトン (Heavy-hole exciton) の吸収ピークを 1.44 μm に設定でき、1.55 μm の波長でスイッチング動作させることができる。図 8 中の I は光入力部、II は光スイッチ部、III は光出力部である。これを動作させるには、p 側電極 1 と n 側電極 7 との間に電界を加えればよい。つまり、この光スイッチでは、導波路に直接電界を印加し、MQW 構造に起因する電気光学効果により、光の吸収係数が長波長側に少しシフトする。吸収係数が変化するとクラマースクローニヒの関係から屈折率が変化し、これに伴い導波路の屈折率を変えスイッチングを行う構造である。なお、i-MQW 層 5 の形成材料としては QCSE を有する材料以外にランツェルディシュ効果を有する i-InGaAsP などバルク材料でもよい。

【0004】 この方向性結合器形光スイッチを製作する際の主な工程は次のようになる。

【0005】 ■ 図 10 のように、n-InP 基板 6 の上に i-MQW 層 5、i-InP クラッド層 4、p-InP クラッド層 3、p<sup>+</sup>-InGaAs キャップ層 2 をこの順に結晶成長する。

【0006】 ■ p<sup>+</sup>-InGaAs キャップ層 2 の上にスピンコート法でフォトレジスト 8 を塗布したのち、フォトリソグラフィ技術により図 11 のように所定の位置にフォトレジスト 8 を形成する。

【0007】 ■ このフォトレジスト 8 をマスクとして、ウェットエッチングあるいはドライエッチングにより図 12 のようなメサを形成する。

【0008】 ■ 同様にフォトリソグラフィ技術を用いて、図 8 に示すように、光スイッチ部 II と光入力部 I との間、および光スイッチ部 II と光出力部 III との間にそれぞれ電気的分離溝 9 を形成するとともに、p 側電極 1 および n 側電極 7 を形成したのち、片側の p 側電極 1 およびキャップ層 2 を除去することにより、図 8 の光スイッチができあがる。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】 このような構成の従来

の方向性結合器形光スイッチでは、 $p-I n P$  層 3 と  $i-I n P$  層 4 との接触面での  $p-I n P$  層の幅  $W$  やギャップ  $G$  の製作時におけるばらつきが大きく、さらにはエッチングの際にメサが対称に削れず、2つの導波路の中心間の距離  $S$  もばらつく場合もある。2つのメサが対称に削れないと、2本の光導波路の等価屈折率が異なる。重さの異なった2つの振子が完全にエネルギーをやりとりできない例からわかるように、方向性結合器を形成する2本の光導波路間の光の乗り移りが不完全となり、漏れ光即ちクロストークが生じる。また、 $p-I n P$  層の幅  $W$ 、ギャップ  $G$ 、および導波路間距離  $S$  のばらつきは導波光の完全結合長（導波光が完全に乗り移る長さ）がばらつくことにつながり、導波光としての完全結合長と製作した結合長との違いから、この場合も導波光のクロストークを生じさせてしまう。そのため、通常  $2 \mu m$  程度の幅  $W$  およびギャップ  $G$  に対して、 $0.1 \mu m$  以下の製作精度が要求され、製作が困難であるとともに、その製作の歩留まりが著しく低くなる。

【0010】以上、2入力、2出力（ $2 \times 2$  スイッチ）について説明したが、次に規模の大きなスイッチとして、 $4 \times 4$  スイッチについて説明する。図 13 には従来形  $4 \times 4$  ダイレーテッドベネス（Dilated-Benes）ノンブロックスイッチ構成を示す。ここでノンブロック構成とは、任意のポートから入力した光を任意のポートに出力できる構成を意味している。なお、図 13 中の四角形の 1 ボックスがスイッチユニットとしての  $2 \times 2$  スイッチ要素に対応する。

【0011】次に、前段における光の漏れ即ちクロストークが次段の混信率に与える影響を簡単に考察する。例えば、 $P_1$  の光パワーをバー状態（切り替えずに通り抜ける状態）の  $SW1$  に入力したとすると、主パワーは  $SW1$  内に実線で示したように通過するが、 $\gamma P_1$  のクロストークが生じる（ここで  $\gamma$  はクロストーク率）。この  $\gamma P_1$  のクロストークは  $SW3$  に入射する。ここで  $SW2$  に光を入射し、クロス状態とし、 $SW3$  へ光を切り替えたとする。 $SW3$  のクロストーク率も  $\gamma$  とすると、 $SW1$  から漏れてきたクロストーク  $\gamma P_1$  が  $SW2$  から送られてきた信号に漏れて混信する量は  $\gamma^2 P_1$  となる。つまり、この従来形  $4 \times 4$  スイッチでは、 $\gamma^2$  のクロストークが生じる。ちなみに、従来の  $2 \times 2$  スイッチでは  $\gamma$  のクロストークとなる。

【0012】 $4 \times 4$  スイッチでは 16 個の  $2 \times 2$  スイッチが必要であるが、あるいは  $8 \times 8$ 、さらには  $16 \times 16$  のスイッチではきわめて多数の  $2 \times 2$  スイッチを製作する必要がある。こうした多くの  $2 \times 2$  スイッチを製作する場合に、全ての  $2 \times 2$  スイッチを低クロストークで製作することは困難であり、精度よく製作するために多大な労力を必要とするばかりでなく、 $N \times N$  光スイッチの歩留まりが著しく劣化するという欠点があった。なお、 $-10 \text{ dB}$  のクロストークとは漏れた光のパワーが

10%、漏れなかった光のパワーは 90%であることを意味し、このため、挿入損失としては  $2 \times 2$  スイッチ 1 段あたりわずか 0.45 dB の増加であるため、クロストークが  $N \times N$  光スイッチの歩留まりを決定することになる。

【0013】また、 $N \times N$  スイッチにおいて  $-40 \text{ dB}$  あるいはそれ以下の超低クロストークを実現することは困難であるという欠点があった。

【0014】そこで、本発明の目的は、これらの問題を解決し、クロストークが低くクロストークの点で製作性がよく歩留まりの優れた導波路形光スイッチを提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、請求項 1 記載の本発明導波路形光スイッチは、少なくとも 2 本以上の光導波路を具備し、前記 2 本の光導波路を伝搬する導波光の位相を調節するとともに前記 2 本の光導波路を伝搬する前記導波光を結合させる機能、もしくは前記導波光を反射させる機能の少なくとも一方の機能により前記導波光の光路を切り替える光スイッチ部を具備する導波路形光スイッチにおいて、前記光路切り替えの際に生じたクロストーク光を吸収する吸収部を設けたことを特徴とする。

【0016】請求項 2 記載の発明は、少なくとも 2 本の光導波路と、前記少なくとも 2 本の光導波路を伝搬する導波光の光路を切り替える光スイッチ部を具備する導波路形光スイッチにおいて、前記少なくとも 2 本の光導波路に、前記光路切り替えの際に生じるクロストーク光を吸収する光吸収部を設けたことを特徴とする。

【0017】請求項 3 記載の発明は、請求項 1 または 2 記載の導波路形光スイッチにおいて、前記光吸収部は、前記光スイッチ部への入力用光導波路もしくは前記光スイッチ部からの出力用光導波路の少なくとも一方の少なくとも一部に設けられていることを特徴とする。

【0018】請求項 4 記載の発明は、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の導波路形光スイッチにおいて、前記光吸収部は、前記光吸収部に電界が印加されることにより該光吸収部を形成する材料のエネルギーバンドギャップが変化し、前記クロストーク光を吸収するものであることを特徴とする。

【0019】請求項 5 記載の発明は、少なくとも 2 本の光導波路と、該少なくとも 2 本の光導波路を伝搬する導波光の光路を切り替える光スイッチ部を具備する光スイッチユニットを同一基板上に複数個マトリクス状に配設し、かつ前記各光スイッチユニットを複数本の光導波路により連絡した導波路形光スイッチにおいて、前記各連絡用光導波路に、前記光路切り替えの際に生じるクロストーク光を吸収する光吸収部を設けたことを特徴とする。

【0020】請求項 6 記載の発明は、請求項 5 記載の導

波路形光スイッチにおいて、前記光スイッチユニットはノンブロック構成で集積化されていることを特徴とする。

【0021】

【作用】本発明によれば、生じたクロストークを例えば電界を印加するなどにより吸収することにより超低クロストーク特性を実現できるだけでなく、クロストークにより制限を受けていた光スイッチ製作の歩留まりを大幅に改善することができる。

【0022】

【実施例】以下に図面を参照して本発明の実施例を説明する。

【0023】（実施例1）図1は本発明の第1の実施例を説明するための斜視図である。図1の $2 \times 2$ 光スイッチの構成要素のうち、図7に示した従来の $2 \times 2$ 光スイッチの構成要素と共通しているものについては、同一符号を付し、その部分の説明を省略または簡略化する。図1において、Iは光入力部、IIは光スイッチ部、IIIは光出力部、IVは光吸収部である。光吸収部IVは光スイッチ部IIと光出力部IIIとの間に配設されており、光スイッチ部IIおよび光出力部IIIとはそれぞれ電気的分離溝9によって分離されている。この光吸収部IVの構成を説明すると、出力ポートC側では $p$ -InPクラッド層3の上に $p^+$ -InGaAsキャップ層2が設けられ、このキャップ層2の上に電極10が形成されており、これらの各層2および3、電極10は1つの光吸収部IVを構成している。また、出力ポートD側では、同様に $p$ -InPクラッド層3上の $p^+$ -InGaAsキャップ層2の上に電極11が形成されており、これらの各層2および3、電極11はもう1つの光吸収部IVを構成している。

【0024】次に、上記構成の $2 \times 2$ 光スイッチの動作を説明する。例えば、第1光入力ポートAから光を入射し、第2光出力ポートDから光を出射する場合（クロス状態）には、第1光出力ポートCに漏れ光、即ちクロストークが生じる。そこで、図2に示すように、第1光出力ポートC側の電極10に電界を印加することによりQCSEのためMQW層5の吸収端を長波長側にシフトさせ、クロストーク光を吸収する。また、光を第1光出力ポートCに出したい場合（バー状態）には電極1に電圧を印加する。このとき生じた第2光出力ポートDのクロストーク光は第2光出力ポートD側の電極11に電圧を印加することにより吸収できる。

【0025】こうして $2 \times 2$ 光スイッチの出力側ポート（あるいは次段の光スイッチの入力ポート）に電極を設け、電界を印加することにより、漏れ光を吸収でき、クロストーク成分を $-\infty$ とすることも可能であり、方向性結合器を製作する時の製作の歩留まりが大幅に向上する。なお、光吸収部IVの長さは $50 \mu\text{m}$ から $100 \mu\text{m}$ 程度で十分であるため、無電界時における光スイッチ

の挿入損失や周波数特性にはほとんど影響しない。

【0026】（実施例2）図3は本発明の第2の実施例を説明するための平面図であって、本発明を図13に示した従来形の $4 \times 4$ 光スイッチに適用した例である。すなわち、スイッチユニットとしての各 $2 \times 2$ 光スイッチ間の引き回し導波路（連絡用導波路）上には光吸収部の一構成要素としての電極10および11が配設されている。例えば、 $P_1$ の光パワーをバー状態（切り替えずに通る抜ける状態）のSW1に入力したとする。主パワーはSW1内に実線で示したように通過するが、 $\gamma P_1$ のクロストークが生じる（ここで $\gamma$ はクロストーク率）。ところが、この $\gamma P_1$ のクロストーク光はSW3に入射する前に、電極11を印加することにより、図2に示したように吸収される。その結果、SW3へのクロストーク光はほぼ無視できる程度に充分低減できることになる。従って、大規模光スイッチを製作した場合にも超低クロストーク特性を実現できるのみでなく、各 $2 \times 2$ スイッチのクロストーク特性が悪くても、クロストークによる歩留まり劣化は完全になくすることができる。つまり、クロストークの劣化は挿入損失の増大としてのみ残されるが、従来技術の項で説明したように、ある程度クロストーク特性が悪くても、挿入損失の増加量はあまり大きくない。

【0027】（実施例3）図4は本発明の第3の実施例の斜視図である。図中、IとIIIが光の入出力部、IIは光スイッチ部、IVの部分はクロストーク光の吸収部、Vは方向性結合器を利用した3dBカップラ部であり、マッハツェンダ干渉系形の光スイッチを構成している。光スイッチ部IIにおいては、2本の光導波路が互いに結合しないように、2本のリッジ間の距離を離している。

【0028】この光スイッチの動作原理について簡単に述べる。入力部Iから入った導波路は光入力側3dBカップラ部Vで等しいパワーに等分される。次に、2本のスイッチ部を伝搬したのち、光出力側の3dBカップラ部V<sub>2</sub>で合波され、出力部IIIの光導波路から出射される。この時、スイッチ部IIにおいて伝搬する光の位相が互いに同相である場合と電界を印加したことにより逆相となった場合とで出力部IIIの出射ポートを異ならしめることができ、スイッチング動作が可能となる。この場合についても、図1に示した本発明の第1の実施例と同様に、電極10および11に電圧を印加することによりクロストーク光を吸収することができる。

【0029】ここで、光スイッチユニットとしての $2 \times 2$ スイッチ要素のクロストークと $N \times N$ スイッチ全体としてのクロストークおよびクロストーク光の吸収が $N \times N$ スイッチ全体としてのクロストークに与える影響についてより詳細な考察を行う。

【0030】まず $4 \times 4$ スイッチについて考察する。図5は、クロストーク光吸収部におけるクロストーク光の

吸収率  $A_t$  をパラメータとして、 $2 \times 2$  スイッチ要素のクロストークを変数とした場合の  $4 \times 4$  スイッチの信号パワーとクロストーク光のパワーの比 ( $S/N$  比) を示す特性図である。図 5 中、実線はクロストーク光の吸収を行わない従来形に、1 点鎖線と破線は各々 5 dB と 10 dB のクロストークの光吸収を行った場合に対応している。クロストーク光の吸収により  $4 \times 4$  スイッチの  $S/N$  特性 (即ちクロストーク特性) を  $2 \times A_t$  dB 改善できることがわかる。

【0031】図 6 は  $N \times N$  スイッチの  $S/N$  比を示している。但し、簡単のためクロストーク光の吸収率  $A_t$  は零とした。ここで実線は  $N=4$ 、1 点鎖線は  $N=16$ 、破線は  $N=64$  に対応している。図 6 からわかるように、スイッチの規模  $N$  が増大すると  $2 \times 2$  スイッチの要素のクロストークが同じでも、スイッチ全体としてのクロストークが低下することがわかる。この場合においても、クロストーク光吸収部における吸収率  $A_t$  (一般に、10 dB から 30 dB 程度の吸収率を実現することは容易である) を付加させることにより  $4 \times 4$  のみでなく、従来困難と考えられていた  $16 \times 16$ 、さらには不可能と考えられていた  $64 \times 64$  の規模のスイッチを実現することも可能となる。

【0032】図 7 にはスイッチ規模  $N$  をパラメータとして、 $2 \times 2$  スイッチ要素のクロストークと  $N \times N$  スイッチとしてのロス増加分についての計算結果を示すグラフである。図 7 からわかるように、 $2 \times 2$  スイッチのクロストークが 10% (-10 dB) であれば  $4 \times 4$  スイッチとしての損失増加は 2 dB 以内、 $2 \times 2$  スイッチのクロストークが 5% (-13 dB) であれば  $16 \times 16$  スイッチの損失増加も 2 dB 以内に抑えられることがわかる。

【0033】以上の説明においては、 $2 \times 2$  光スイッチ要素の構成として、光方向性結合器を用いた構成について説明したが、屈折率変化を用いる反射形 (一般に X 字構成) のスイッチにおいても、本発明を適用できることは言うまでもなく、完全には反射できずに漏れ生じるクロストーク光を光吸収部により吸収することが可能である。なお、光スイッチユニットとして  $2 \times 2$  光スイッチ要素を例にとって説明したが、 $1 \times 2$  光スイッチ要素など他のタイプも本発明における光スイッチユニットとして用いることができる。

【0034】また、MQW 層として  $InGaAlAs / InAlAs$  構成を用いたがその他の MQW 材料や構成、あるいはフランツ・ケルディッシュ効果などのバルク材料が持つ効果を用いてもよい。MQW 材料を使用する場合には、光スイッチ部のエネルギーバンドギャップは図 2 に示したように、 $1.44 \mu m$  (Heavy-hole excitation な波長) であるが、光吸収部のエネルギーバンドギャップを  $1.47 \mu m$  程度に長波長側に設定しておけばよいし、あるいは MQW 材料の場合

でもバルク材料の場合でも、吸収部のノンドープ層の厚みを薄くするなどにより、内部電界強度を高くなるように設定しておけば、クロストーク光を吸収するために必要な印加電圧を小さくすることが可能となる。なお、本発明のキーポイントは光スイッチ動作における漏れ光すなわちクロストーク光を光スイッチの出射側 (もしくは次段の光スイッチの入射ポートまでの経路内) でなくすることであるため、上述のように電界を印加しクロストーク光を吸収するだけでなく、キャリアを注入してフリーキャリアによる吸収させる機構、あるいは屈折率を変化させて光を反射させる機構など、クロストーク光をなくすことのできればどのような構造を設けてもよいことはいうまでもない。

【0035】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、光吸収部により光スイッチ動作におけるクロストーク光を吸収できるので、超低クロストーク特性を実現できる。また、本発明によれば、方向性結合器を構成する 2 本の光導波路を製作する際における光導波路の幅やギャップのばらつき、あるいは 2 本の光導波路の非対称性に起因するクロストーク劣化あるいは反射形光スイッチにおけるクロストーク劣化を完全になくすることができるため、方向性結合器の製作が容易になるとともに光スイッチ製作の歩留まりを大幅に改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例を説明するための斜視図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施例の動作原理を説明するための波長と光吸収係数との関係を示す特性図である。

【図 3】本発明の第 2 の実施例を説明するための平面図である。

【図 4】本発明の第 3 の実施例を説明するための斜視図である。

【図 5】本発明の第 3 の実施例を説明するための図であって、クロストーク光の吸収率  $A_t$  をパラメータとし、 $2 \times 2$  スイッチ要素のクロストークを変数とした場合における  $4 \times 4$  スイッチの信号パワーとクロストーク光のパワーの比 ( $S/N$  比) を示す特性図である。

【図 6】本発明の第 3 の実施例を説明するための図であって、クロストーク光の吸収率  $A_t$  を零とした場合における  $N \times N$  スイッチの  $S/N$  比を示す特性図である。

【図 7】本発明の第 3 の実施例を説明するための図であって、スイッチ規模  $N$  をパラメータとし、 $2 \times 2$  スイッチ要素のクロストークと  $N \times N$  スイッチとしてのロス増加分との関係 (計算結果) を示すグラフである。

【図 8】従来の方向性結合器形光スイッチの構成を示す斜視図である。

【図 9】図 8 における  $AA'$  線断面図である。

【図 10】従来の方向性結合器形光スイッチの製作手順を説明する断面図である。

【図 1 1】従来の方向性結合器形光スイッチの製作手順を説明する断面図である。

【図 1 2】従来の方向性結合器形光スイッチの製作手順を説明する断面図である。

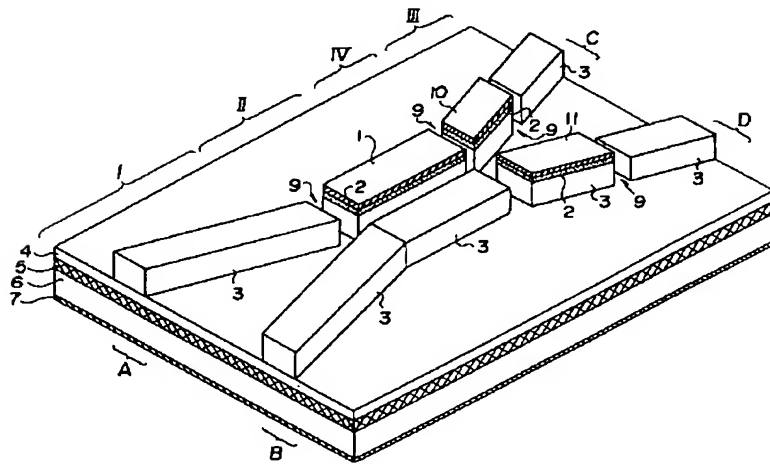
【図 1 3】従来の 4×4 光スイッチの構成を示す平面図である。

【符号の説明】

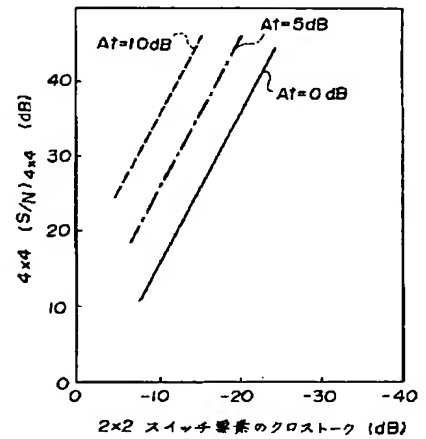
- 1 p 形電極
- 2 p<sup>+</sup>-InGaAs キャップ層
- 3 p-InP クラッド
- 4 i-InP クラッド
- 5 i-MQW 層
- 6 n-InP 基板
- 7 n 側電極

- 8 フォトレジスト
- 9 電氣的分離溝
- 10 光吸収部に設けた電極
- 11 光吸収部に設けた電極
- 05 I 光入力部
- I I 光スイッチ部
- I I I 光出力部
- I V 光吸収部
- V<sub>1</sub> 光入力側 3 dB カップラ部
- 10 V<sub>2</sub> 光出力側 3 dB カップラ部
- A 第 1 入力ポート
- B 第 2 入力ポート
- C 第 1 出力ポート
- D 第 2 出力ポート

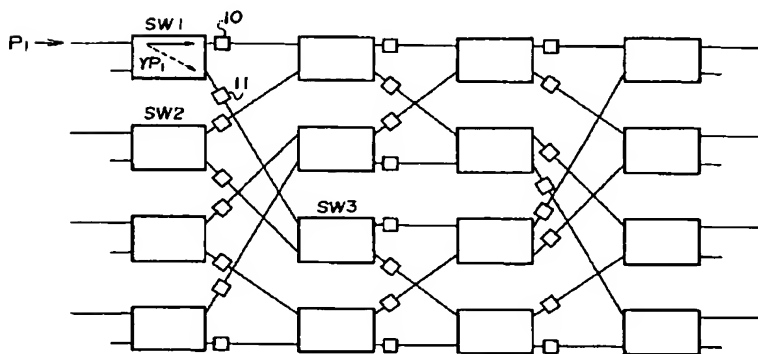
【図 1】



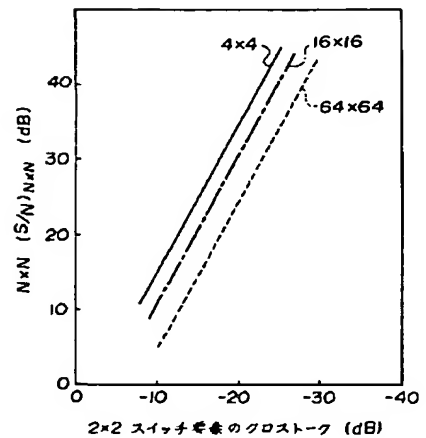
【図 5】



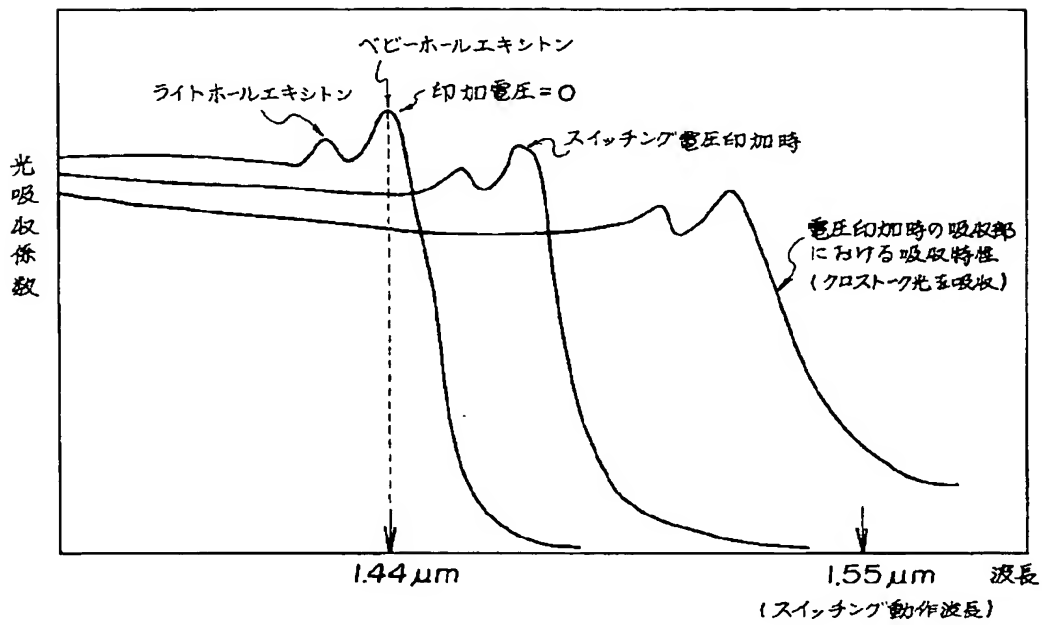
【図 3】



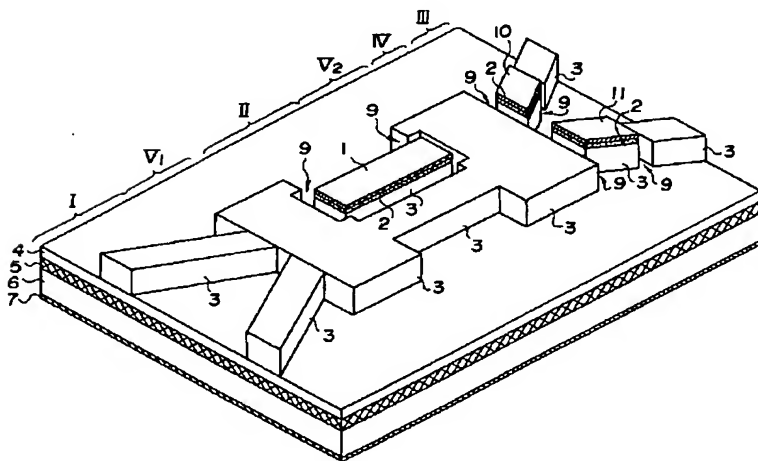
【図 6】



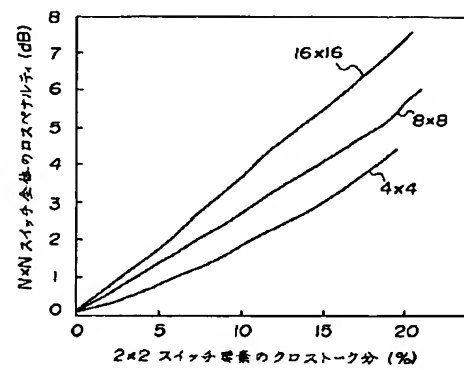
【図 2】



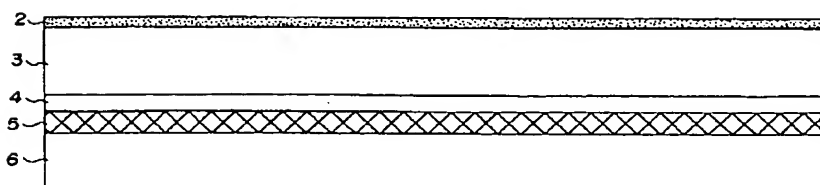
【図 4】



【図 7】

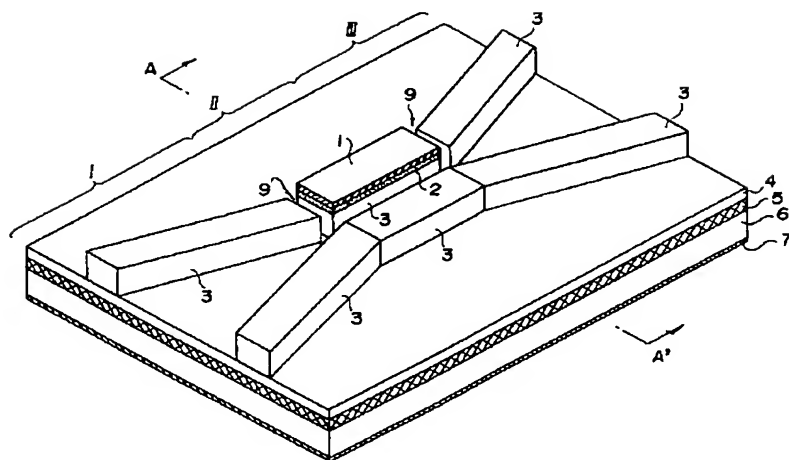


【図 10】

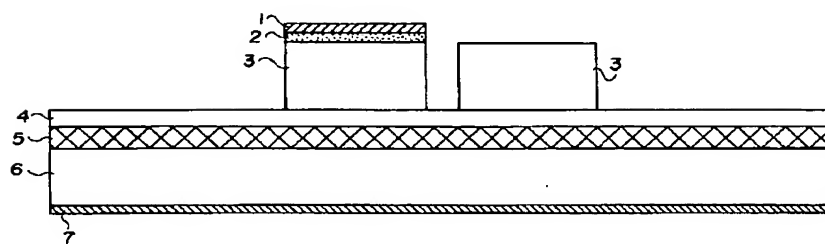




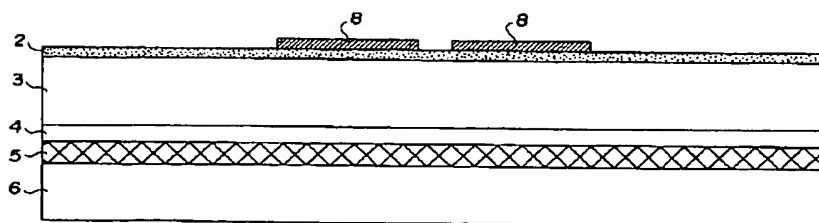
【図 8】



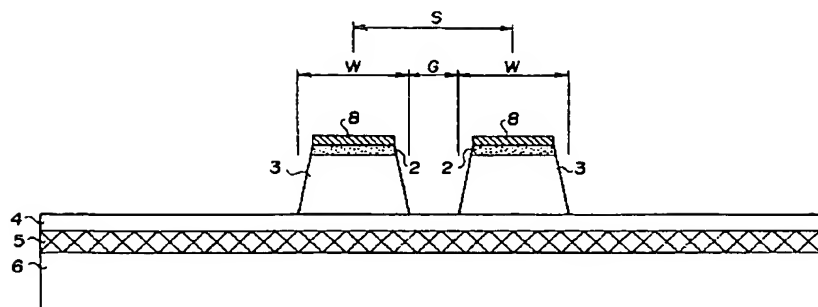
【図 9】



【図 11】



【図 1 2】



【図 1 3】

